

Sobre los hombros de gigantes

(Preámbulo)

2003-10-01

Sobre los hombros de gigantes

(Preámbulo)

EDUTEKA presenta la traducción del prólogo del libro Sobre los Hombros de Gigantes

EDUTEKA presenta la traducción del prólogo del libro Sobre los Hombros de Gigantes

SOBRE LOS HOMBROS DE GIGANTES

(PREÁMBULO)

Por: Lynn Arthur Steen

steen@stolaf.edu

Profesor de Matemáticas; Director de Investigación y Planeación. - St. Olaf College

Northfield, Estados Unidos

EDUTEKA presenta la traducción del prólogo del excelente libro "Sobre los Hombros de Gigantes", una colección de cinco fascinantes ensayos que pretenden enriquecer nuestra visión sobre la enseñanza de las matemáticas en el siglo XXI. El libro fue editado por el profesor Lynn Arthur Stern, autor del capítulo que publicamos, bajo los auspicios de la Junta de Educación en Ciencias y Matemáticas del Consejo Nacional de

Investigación de los Estados Unidos y publicado por la National Academy Press [1].

"Simplemente él veía más lejos, que el resto de nosotros". El sujeto de esta apreciación era el inventor de la cibernética Norbert Wiener, uno de los muchos científicos excepcionales que rompió los vínculos de la tradición para generar dominios completamente nuevos para que los exploren los matemáticos. Ver y revelar patrones ocultos es lo que los matemáticos hacen mejor. Cada nuevo descubrimiento importante abre áreas nuevas y potencialmente ricas para llevar más lejos las exploraciones. Solamente en el último siglo, el número de disciplinas matemáticas ha crecido de manera exponencial; entre los ejemplos podemos incluir áreas como: las ideas de Georg Cantor sobre los conjuntos transfinitos, las de Sonja Kovalevsky sobre ecuaciones diferenciales, las de Alan Turing sobre computabilidad, las de Emma Noerther sobre álgebra abstracta y, más recientemente, las de Benoit Mandelbrot sobre fractales.

Para el público en general estos nuevos dominios matemáticos son terra incógnita. Desde el punto de vista del común de las personas, las matemáticas, son una disciplina estática basada en fórmulas que se enseñan en el colegio en las clases de aritmética, geometría, álgebra, y cálculo. Pero, a escondidas de la vista del público, las matemáticas continúan creciendo a un ritmo rápido, expandiéndose a nuevos campos y produciendo nuevas aplicaciones. La orientación de éste crecimiento no es la realización de cálculos o el planteamiento de fórmulas sino una búsqueda abierta, ilimitada, de patrones.

Las matemáticas se han descrito tradicionalmente como la ciencia de los números y las formas. El énfasis de la escuela en aritmética y geometría está fuertemente anclado en estas perspectivas centenarias. Pero en la medida en que el territorio que exploran los matemáticos se ha expandido (teoría de grupos, estadística, teorías de optimización y de control) las fronteras históricas de las matemáticas han desaparecido. Como también lo han hecho las de sus aplicaciones: ya no son las matemáticas solamente el lenguaje de la física y la ingeniería; ahora son herramienta esencial para la banca, la manufactura, las ciencias sociales y la medicina. Vistas en este contexto más amplio, nos damos cuenta de que las matemáticas no se ocupan solamente de cálculos y formas sino de patrones y de ordenamientos de todo tipo.

Los números y las formas (aritmética y geometría) son únicamente dos de los muchos medios en los que los matemáticos trabajan. Los matemáticos activos buscan patrones dondequiera que éstos aparezcan.

Gracias a las gráficas del computador, mucha de la búsqueda de patrones de los matemáticos se guía ahora por lo que el ojo realmente puede ver, mientras que los gigantes matemáticos del siglo diecinueve como Gauss y Poincaré tuvieron que depender de lo que veían con el ojo de su mente: Ya "veo" ha tenido siempre dos connotaciones diferentes: percibir con el ojo y entender con la mente. Durante siglos la mente ha dominado al ojo en la jerarquía de la práctica matemática; hoy en día el balance se ha restaurado en la medida en que los matemáticos encuentran nuevas formas de ver patrones, tanto con el ojo como con la mente.

El cambio en la práctica de las matemáticas fuerza la reexaminación de la educación en ellas. No solamente los computadores, sino también nuevas aplicaciones y nuevas teorías han expandido significativamente el papel de las matemáticas en las ciencias, los negocios y la tecnología. Los estudiantes que van a vivir y trabajar utilizando los computadores como herramientas rutinarias necesitan aprender una matemática diferente a la de sus antepasados. La práctica estándar de las escuelas, con sus raíces en tradiciones que tienen varios siglos, sencillamente no pueden preparar a los estudiantes adecuadamente para las necesidades matemáticas del siglo XXI.

Fallas en los resultados actuales de la educación matemática, suministran también razones fuertes para el cambio. Efectivamente, como los nuevos desarrollos se construyen sobre principios fundamentales, es plausible, como sugieren con frecuencia muchos observadores, que el esfuerzo debe enfocarse primero en devolverle la fortaleza a lo que es fundamental, antes de embarcarse en reformas que tengan como base los cambios en la práctica contemporánea de las matemáticas. El apoyo público por un currículo básico robusto, refuerza la sabiduría del pasado: que las matemáticas escolares tradicionales, enseñadas con cuidado y bien aprendidas, ofrecen una preparación sólida tanto para el mundo del trabajo como para el estudio avanzado en campos relacionados con matemáticas.

El punto clave para la educación en matemáticas no es *si* se enseñan los fundamentos, sino *cuáles* de esos fundamentos enseñar y *cómo* enseñarlos. Los

cambios en la práctica de las matemáticas alteran el balance de prioridades entre los muchos tópicos importantes para la competencia en éste campo. Cambios en la sociedad, en la tecnología, en las escuelas van a tener un gran impacto en lo que se puede esperar de las matemáticas escolares en el próximo siglo. Todos ellos van a afectar las bases de las matemáticas escolares.

Para desarrollar un currículo nuevo que sea efectivo, se debe tratar de prever las necesidades matemáticas de los estudiantes del mañana. Es la práctica presente y futura de las matemáticas (en el trabajo, en la ciencia, en la investigación) lo que debe moldear la educación matemática. Para preparar currículos matemáticos efectivos para el futuro, debemos buscar en las matemáticas de hoy patrones que se puedan proyectar, por lo menos para poder determinar, qué es y qué no es, verdaderamente fundamental.

MATEMÁTICAS FUNDAMENTALES

Sostiene la tradición escolar que la aritmética, las medidas, el álgebra y un conocimiento superficial de geometría, representan las bases o lo que es fundamental en matemáticas. Pero hay mucho más en el sistema radicular de las matemáticas, ideas profundas que nutren las crecientes ramas de éste campo.

Podría pensarse en:

| **Estructuras matemáticas específicas:** |

| ▶ Números | ▶ Formas |

| ▶ Algoritmos | ▶ Funciones |

| ▶ Relaciones / Proporciones | ▶ Datos |

| **Atributos:** |

| ▶ Lineal | ▶ Casual / al Azar |

| ▶ Periódico | ▶ Máximo |

| ▶ Simétrico | ▶ Aproximado |

| ▶ Continuo | ▶ Suave |

| **Acciones:** |

| ▶ Representar | ▶ Modelar |

| ▶ Controlar | ▶ Experimentar |

| ▶ Probar | ▶ Clasificar |

| ▶ Descubrir | ▶ Visualizar |

| ▶ Aplicar | ▶ Calcular |

| **Abstracciones:** |

| ▶ Símbolos | ▶ Equivalencia |

| ▶ Infinito | ▶ Cambio |

| ▶ Optimización | ▶ Similitud |

| ▶ Lógica | ▶ Recursión |

| **Actitudes:** |

| ▶ Asombro | ▶ Belleza |

| ▶ Significado | ▶ Realidad |

| **Comportamientos:** |

| ▶ Movimiento | ▶ Estabilidad |

| ▶ Caos | ▶ Convergencia |

| ▶ Resonancia | ▶ Bifurcación |

| ▶ Iteración | ▶ Oscilación |

| **Dicotomías:** |

| ▶ Discreto versus continuo | |

| ▶ Finito versus infinito | |

| ▶ Algorítmico versus existencial | |

| ▶ Estocástico versus determinístico | |

| ▶ Exacto versus aproximado | |

Estas diversas perspectivas ilustran la complejidad de las estructuras que soportan las matemáticas. Desde cada perspectiva se pueden identificar varios hilos conductores, que tienen el poder de desarrollar ideas matemáticas significativas que parten de intuiciones informales en la niñez, siguen en la educación media y universitaria, hasta llegar a la investigación científica y matemática. Una sólida educación en ciencias matemáticas requiere el acercamiento a prácticamente todas estas ideas y perspectivas bien diferentes.

Las matemáticas escolares tradicionales escogen muy pocos hilos conductores (ej: aritmética, geometría, álgebra) y los arreglan horizontalmente para formar el currículo: primero aritmética, luego álgebra básica, luego geometría, luego álgebra más avanzada, y finalmente, como si fuera el epítome del conocimiento matemático, cálculo. Esta aproximación a la educación matemática, en forma de bizcocho de capas, impide, el desarrollo informal de la intuición a lo largo de las múltiples raíces de las matemáticas. Es más, refuerza la tendencia a diseñar cada curso básicamente para cumplir con los prerrequisitos del siguiente, haciendo que a la larga el aprendizaje de las matemáticas sea mayormente un ejercicio para demorar la gratificación. Para ayudar a que los estudiantes vean claramente su futuro matemático se hace necesario construir currículos que tengan mayor continuidad vertical, que permitan dentro de la experiencia educativa de los niños conectar las raíces de las matemáticas con las ramas de las matemáticas.

Con frecuencia las matemáticas escolares se ven como una tubería de recursos humanos que fluye desde las experiencias de la infancia hasta las carreras científicas. Las capas en el currículo de matemáticas corresponden a secciones de la tubería que se estrechan cada vez más y por donde todos los estudiantes deben pasar si se quiere que progresen en su educación matemática y científica. Cualquier impedimento para el aprendizaje, de los muchos que hay, restringe el flujo de toda la tubería. Como el

colesterol en la sangre, las matemáticas pueden bloquear las arterias educativas de la nación.

En cambio, si el currículo de matemáticas tiene como característica múltiples caminos paralelos, cada uno de ellos cimentado en experiencias adecuadas en la niñez, el flujo de recursos humanos se asimilará más al movimiento de los nutrientes en las raíces de un árbol majestuoso (o al acelerado flujo del agua en una enorme cascada) que al bloqueo o lentificación de una arteria o tubería que se estrechan. Diferentes aspectos de la experiencia matemática atraerán a niños con diversos intereses y talentos, cada uno alimentado por ideas retadoras que estimulan la imaginación y promueven la exploración. El efecto colectivo será el de desarrollar entre los niños diversas intuiciones matemáticas en las diferentes raíces de estas.

GANANDO PERSPECTIVA

Newton atribuía su extraordinaria visión en el desarrollo del Cálculo al trabajo acumulado de sus predecesores: "Si yo he podido ver más lejos que otros, es por que me he parado sobre los hombros de gigantes". Los que desarrollen el currículo de matemáticas para el Siglo XXI van a necesitar una visión similar.

Nunca desde la época de Newton han cambiado tanto las matemáticas como en los años recientes. Motivada en gran parte por la introducción de los computadores, la naturaleza y práctica de las matemáticas se ha transformado fundamentalmente por conceptos, herramientas, aplicaciones y métodos nuevos. Así como el telescopio en la época de Galileo hizo posible la revolución Newtoniana, actualmente los computadores retan las visiones tradicionales y fuerzan el que vuelvan a examinarse valores sostenidos durante largo tiempo. Como sucedió hace tres siglos en la transición de las pruebas Eucleidianas al análisis Newtoniano, una vez más las matemáticas están sometidas a una reorientación fundamental de los paradigmas procedimentales.

Ejemplos de cambios fundamentales abundan en la literatura dedicada a la investigación en matemáticas y en las aplicaciones prácticas de métodos matemáticos:

-

La incertidumbre no es casual, ya que eventualmente emerge la regularidad.

-

Los fenómenos determinísticos exhiben con frecuencia un comportamiento aleatorio.

-

La dimensionalidad no es únicamente una propiedad del espacio sino también un medio de ordenar el conocimiento.

-

La repetición puede ser la fuente de la exactitud, la simetría o el caos.

-

Las representaciones visuales posibilitan, una intuición que en general permanece oculta cuando se utilizan enfoques estrictamente analíticos.

-

Diversos patrones de cambio exhiben una regularidad subyacente significativa

Mediante el examen de muchos caminos matemáticos diferentes, se gana perspectiva de características comunes e ideas dominantes. Conceptos recurrentes (ej: número, función, algoritmo) llaman la atención sobre lo que se debe saber para *entender* matemáticas; acciones comunes (ej: representar, descubrir, probar) revelan habilidades que se deben desarrollar para poder *hacer* matemáticas. Juntos, conceptos y acciones, son los sustantivos y los verbos del lenguaje matemático.

Lo que hacen las personas con el lenguaje de las matemáticas es describir patrones. Las matemáticas son una ciencia exploratoria que busca entender todo tipo de patrón: patrones que ocurren en la naturaleza, patrones inventados por la mente humana, y aún patrones creados por otros patrones. Para crecer matemáticamente, los niños se deben exponer a una rica variedad de patrones apropiados a sus propias circunstancias de vida mediante los cuales puedan ver variedad, regularidad e interconexiones.

NOTAS DEL EDITOR:

[1] El libro "On the Shoulders of Giants" (Sobre los Hombros de Gigantes) está disponible en Internet en Inglés en la dirección: o comprarse directamente en el sitio "National Academy Press"

CRÉDITOS:

Traducción realizada por EDUTEKA del prefacio del libro "On the Shoulders of Giants" (Sobre los Hombros de Gigantes) escrito por Lynn Arthur Steen. Los capítulos que siguen al prefacio son: "Dimension" por Thomas F. Banchoff; "Quantity" por James T. Fey; "Uncertainty" por David S. Moore; "Shape" por Majoire Senechal; y "Change" por Ian Stewart. Este libro está disponible en Internet (en Inglés) en la dirección:

*Publicación de este documento en EDUTEKA: Octubre 04 de 2003.

Última modificación de este documento: Octubre 04 de 2003.*